Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Région du Pacifique

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2017/030

SÉLECTION ET RÔLE DES POINTS DE RÉFÉRENCE LIMITES DU HARENG DU PACIFIQUE (*CLUPEA PALLASII*) EN COLOMBIE-BRITANNIQUE, CANADA

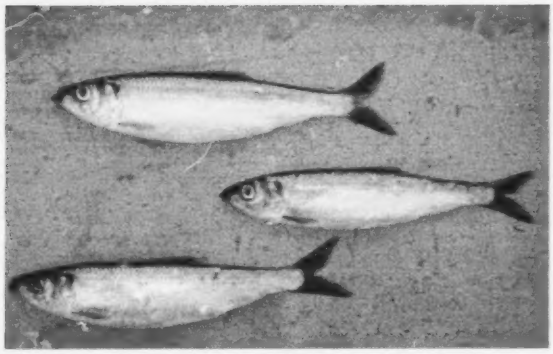

Photo : Hareng. Source : Pêches et Océans Canada

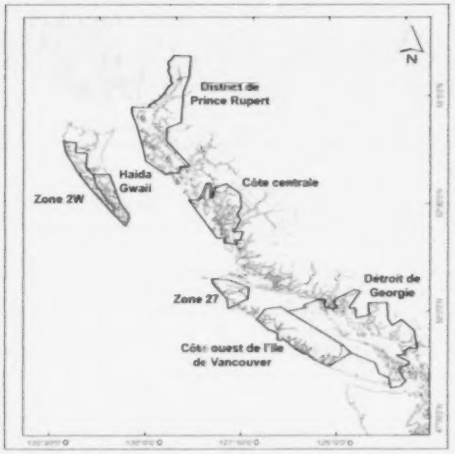

Figure 1 : Zones des stocks principaux de hareng du Pacifique : Haida Gwaii (HG), district de Prince Rupert (DPR), côte centrale (CC), détroit de Georgie (DG), côte ouest de l'île de Vancouver (COIV); et zones des stocks secondaires : zone 2W et zone 27.

Contexte :

En Colombie-Britannique, la pêche du hareng (Clupea pallasii) du Pacifique est gérée à l'aide d'une stratégie de pêche conçue et adoptée en 1986. Le but de cette stratégie est de créer des possibilités de récolte tout en maintenant une biomasse du stock reproducteur minimale. Le but de la biomasse du stock reproducteur minimale est d'éviter de compromettre le potentiel de reproduction des stocks et de favoriser un rétablissement rapide des faibles niveaux de la biomasse du stock reproducteur. La stratégie est réalisée en associant les évaluations annuelles des stocks et les prévisions relatives à la biomasse du stock reproducteur d'accouplement à une règle de contrôle des prises qui précise le moment où des mesures de gestion doivent être prises pour réduire la chasse commerciale ou y mettre fin. Malgré l'adoption précoce d'une règle de contrôle des prises qui anticipait les besoins prévus en vertu du Cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution (AP) du MPO (MPO 2009, ci-après appelé le « cadre de l'AP du MPO »), les points de référence limites n'ont pas été définis pour les stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique.

Le présent examen régional par les pairs a été entrepris par le Secrétariat canadien de consultation scientifique pour passer en revue le rôle et la sélection des points de référence limites pour les principaux stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique. Ce travail s'inscrit dans la foulée de l'engagement relatif au renouvellement du cadre de gestion du hareng du Pacifique en Colombie-Britannique, conformément au Cadre pour la pêche durable du Canada, et il vise à satisfaire les exigences de la politique énoncée dans le cadre de l'AP du MPO

Le présent avis scientifique découle de l'examen régional par les pairs du 7 au 8 février 2017 sur la Sélection et rôle des points de référence limites du hareng du Pacifique (Clupea pallasii) en Colombie-

Britannique, Canada. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO).

SOMMAIRE

- Les points de référence limites (PRL) se définissent comme des seuils de dommages sérieux pour un stock de poisson dans les situations où peuvent également se produire des répercussions sur l'écosystème et sur des espèces associées ainsi qu'une perte à long terme d'occasions de pêche. Les dommages sérieux comprennent les états indésirables irréversibles et lentement réversibles.
- Un PRL doit se situer avant que l'état de dommage sérieux se produise, plutôt qu'au moment où ce dernier se produit. Un PRL doit être évité selon une probabilité élevée en vertu du Cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution (MPO 2009, ci-après dénommé cadre de l'approche de précaution du MPO).
- Une approche axée sur les preuves et l'analyse de la production en fonction des données actuelles et des hypothèses du modèle d'évaluation des stocks a été utilisée pour évaluer si l'état des principaux stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique montrait des signes de dommages sérieux possibles.
- On a examiné les relations entre la production et la biomasse du stock reproducteur pour déterminer si des états de production faible et de biomasse faible (PF-BF) ont été observés pour les principaux stocks de hareng du Pacifique.
- L'analyse de la production a diagnostiqué des états récents de PF-BF pour les stocks se trouvant dans les zones de gestion de la de côte centrale (CC), Haida Gwaii (HG) et de la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV). Ces états étaient liés à une perte persistante de profits pour les utilisateurs de la ressource sur une période correspondant à une à deux générations de hareng du Pacifique (environ 6 à 11 ans). Aucun état de PF-BF persistant n'a été constaté pour les stocks dans les zones de gestion du district de Prince Rupert (DPR) et du détroit de Georgie (DG).
- L'estimation de la biomasse du stock reproducteur qui définissait la limite supérieure d'un état de PF-BF persistant a été interprétée comme le seuil de dommages sérieux possibles pour chacun des stocks de hareng du Pacifique. On a choisi un PRL en fonction de l'état du stock correspondant au rapport entre l'estimation de la biomasse du stock reproducteur (B_t) au niveau du seuil et l'estimation de la biomasse non exploitée (B_0), d'après les résultats obtenus pour les stocks des zones de gestion CC, HG et COIV dans deux configurations du modèle d'évaluation.
- Un PRL en fonction de la biomasse du stock reproducteur de $0{,}3B_0$ est recommandé pour les stocks des zones de gestion CC, HG et COIV d'après les résultats obtenus dans le cadre de l'analyse de la production *et* conformément aux pratiques exemplaires recommandées à l'échelle internationale.
- Un PRL de $0{,}3B_0$ est également recommandé pour les stocks des zones de gestion DPR et DG, car il correspond aux pratiques exemplaires recommandées et parce que ces stocks jouxtent, d'un point de vue géographique, des stocks pour lesquels des états de PF-BF ont récemment été détectés.
- On considère le taux de mortalité par pêche pour un remplacement à l'équilibre, F_{remp}, comme un seuil pour la surpêche du potentiel reproducteur, conformément au concept de dommages sérieux, car il s'agit d'une mesure de la capacité d'un stock à se renouveler à long terme. C'est pourquoi les valeurs de F_{remp} et des approximations du rapport du potentiel

de frai, soit F_{RPF30} et F_{RPF40}, ont été évaluées pour chacun des principaux stocks, tout comme les taux de mortalité par pêche à l'équilibre associés au rendement maximal soutenu, F_{RMS} et $F_{0,1}$.

- Les estimations des valeurs de F_{remp} et des approximations se sont avérées trop élevées pour les principaux stocks de hareng du Pacifique, principalement en raison des estimations croissantes de la mortalité naturelle (M) au fil du temps (manque de stationnarité). En outre, la juxtaposition des régimes de sélectivité et de maturité laisse entendre que tous les poissons peuvent frayer au moins une fois avant de devenir vulnérables aux pêches commerciales. Les résultats sous-entendent également que les stocks doivent être maintenus à un niveau proche de la biomasse non exploitée (B_0) si l'on souhaite préserver la viabilité de la population. Les points de référence à l'équilibre ont été rejetés à titre de PRL possibles en raison des nombreuses incertitudes structurelles rendant leur interprétation difficile.
- Depuis 1986, l'expérience acquise avec la stratégie de pêche actuelle indique que des états de PF-BF persistants peuvent se produire lorsque les taux d'exploitation cibles sont fixés à 0,2 ou à moins de 0,2 par rapport à la prévision de la biomasse du stock reproducteur. C'est par exemple le cas des stocks dans les zones de gestion CC, HG et COIV.
- Un processus d'évaluation de la stratégie de gestion, avec la participation des gestionnaires et des utilisateurs de la ressource, est recommandé pour déterminer des objectifs mesurables associés aux PRL et aux points de référence cibles pour le hareng du Pacifique en Colombie-Britannique. Ce processus est requis pour exécuter une analyse de simulation en boucle fermée permettant de déterminer le rendement attendu des autres procédures de gestion possibles en vue d'obtenir un rendement et des compromis acceptables dans les résultats de gestion liés aux objectifs.
- Les exigences en matière de service écosystémique des prédateurs du hareng du Pacifique sont mal comprises et aucun objectif mesurable pour ces prédateurs en C.-B. n'est précisé. En l'absence de modèles quantitatifs qui représenteraient les hypothèses liées aux espèces dépendantes dans le réseau trophique, aucun ajustement aux recommandations de PRL concernant les poissons fourrages ne peut pour l'heure être recommandé. Les prochaines avancées des modèles d'exploitation dans le processus d'évaluation de la stratégie de gestion pourront inclure une dynamique de l'écosystème en lien avec les communautés de prédateurs.
- On ne comprend pas bien les mécanismes permettant de caractériser les dommages sérieux aux stocks de hareng du Pacifique, en termes d'états par rapport à la répartition spatiale, à la structure des stocks et à la diversité génétique. Les prochaines avancées des modèles relatifs à la dynamique des populations qui comprendront une dynamique spatiale ou une structure des stocks pourraient permettre d'obtenir des PRL éventuels ainsi que des indicateurs de rendement caractérisant d'autres définitions pour les dommages sérieux. Des modèles d'exploitation spatiaux pourraient également éclairer les options de gestion à des échelles géographiques plus fines que les zones de gestion principales actuelles.
- On recommande que la conception des modèles d'exploitation et d'évaluation se concentre sur le paramétrage de la mortalité naturelle, des estimations de la maturité selon l'âge et des effets des distributions a priori des probabilités présumées.
- On recommande la mise en application progressive de toute nouvelle procédure de gestion (c.-à-d. toute modification à la collecte des données, aux modèles d'évaluation des stocks ou aux règles de contrôle des prises) conçue pour éviter les PRL et atteindre les objectifs en vue d'atténuer les conséquences à court terme pour les utilisateurs de la ressource.

INTRODUCTION

Des points de référence biologiques limites et cibles sont communément utilisés par beaucoup d'organismes responsables de la gestion des pêches pour évaluer l'état des stocks pêchés. Même si le système de gestion du hareng du Pacifique en Colombie-Britannique respecte déjà certaines exigences du cadre de l'approche de précaution du MPO, aucun point de référence limite et cible en lien avec la biomasse et aucun taux de mortalité par pêche limite n'ont été déterminés. L'un des défis importants de la détermination de points de référence limites (PRL) biologiques réside dans le fait de les lier à l'objectif d'éviter les « dommages sérieux » qui sous-tendent les accords internationaux et les politiques des pêches à l'échelle nationale. Le cadre de l'approche de précaution du MPO indique que « *[...] le point de référence limite correspond à l'état d'un stock au-dessous duquel celui-ci risque de subir de graves dommages. À ce niveau de l'état du stock, il peut également y avoir des répercussions sur l'écosystème et sur les espèces associées, ainsi qu'une diminution à long terme des possibilités de pêche.* » Cet énoncé de politique établit trois facteurs à prendre en compte concernant les dommages sérieux :

1. les dommages sérieux ne concernent pas seulement le stock en question, mais également les espèces dépendantes (p. ex. les prédateurs) et les autres ressources de l'écosystème (p. ex. l'habitat);
2. un PRL doit se situer *avant* que l'état de dommages sérieux se produise, plutôt qu'*au moment* où ce dernier se produit (p. ex. à un niveau de biomasse supérieur au niveau auquel la possibilité de dommages sérieux existe ou à un taux de mortalité inférieur à celui censé produire des dommages sérieux);
3. les pertes de profits à long terme pour les utilisateurs de la ressource doivent être évitées.

Les PRL sont des seuils situés avant que des dommages sérieux ne se produisent et ces seuils doivent être évités selon une probabilité élevée. Seul, un PRL n'est pas utile si sa probabilité d'évitement souhaitée n'est pas précisée. De même, il faut préciser clairement le calendrier d'évaluation de la réussite des mesures de gestion prévues pour atteindre l'objectif d'évitement du PRL (c.-à-d. déterminer un objectif mesurable). L'objet d'un PRL consiste à distinguer les objectifs de gestion des points de contrôle opérationnels auxquels les mesures de gestion sont déclenchées. Par exemple, une règle de contrôle des prises (RCP) conforme au cadre de l'approche de précaution du MPO comprendra un niveau de biomasse à partir duquel le taux de récolte diminue à mesure que la biomasse diminue. Ce niveau de biomasse est un point de contrôle opérationnel visant à favoriser la croissance du stock de manière à ce qu'il s'éloigne du PRL.

La stratégie de pêche du hareng du Pacifique en C.-B. lancée en 1986 anticipait l'exigence d'une règle de contrôle des prises assortie de points de contrôle opérationnel figurant dans le cadre de l'approche de précaution du MPO et s'appuyait sur des concepts conformes au principe d'évitement des dommages sérieux. Cette stratégie de pêche du hareng vise à préserver une biomasse du stock reproducteur minimale en vue d'éviter d'atteindre des niveaux de biomasse trop faibles mettant en péril le potentiel de reproduction des stocks. Une faible biomasse peut découler de la surpêche ou d'un déclin naturel de l'abondance, une caractéristique des petites espèces pélagiques. Le deuxième objectif de la mise en place d'une biomasse du stock reproducteur minimale consiste à favoriser un rétablissement rapide des stocks, pour atteindre une abondance élevée, lorsqu'un déclin se produit. La biomasse du stock reproducteur minimale fixée en 1986 se chiffrait à 25 % de la biomasse d'équilibre non exploitée du stock reproducteur, soit $0{,}25B_0$. La règle de contrôle des prises visait à réduire le taux de récolte de la pêche commerciale à 0 lorsque les prévisions à un an indiquaient que la biomasse du stock reproducteur serait inférieure à l'estimation de $0{,}25B_0$. *Par conséquent, le niveau*

$0{,}25B_0$ a été fixé en tant que point de contrôle opérationnel auquel des mesures de gestion sont prises, au lieu d'un PRL à éviter selon une probabilité élevée.

Même si l'évitement des dommages sérieux est cité comme le fondement des PRL biologiques, l'expérience sur le terrain nous montre qu'il est difficile de définir des états de dommages sérieux avant qu'ils ne deviennent relativement graves. En outre, des niveaux d'incertitude très élevés doivent être admis si l'on souhaite respecter les exigences du cadre de l'approche de précaution du MPO. Par exemple, dans le cas du hareng du Pacifique en C.-B., des processus qui varient dans le temps en lien avec la productivité ont des répercussions sur l'estimation des points de référence biologiques (PRB) et les procédures de gestion mises en place pour éviter les limites et atteindre les objectifs. Le poids selon l'âge observé a baissé pour l'ensemble des cinq principaux stocks (MPO 2016). Les estimations du taux de mortalité naturelle (M) provenant du modèle d'évaluation varient au fil du temps, diffèrent entre les zones de stock et, pour au moins trois des principaux stocks, ont montré une tendance à la hausse au cours des deux dernières décennies environ (MPO 2016). Ces deux processus qui dépendent du temps influencent l'estimation des paramètres de productivité et d'échelle des populations qui sont nécessaires au calcul de points de référence théoriques et peuvent provoquer des estimations biaisées de ces points de référence s'ils ne sont pas pris en compte de manière précise. Malheureusement, aucune pratique exemplaire n'a été établie pour ce faire, même si des points de référence « dynamiques » sont parfois recommandés. Cependant, Cox *et al.* (2015[1]) ont déterminé que l'utilisation de points de référence dynamiques provoquait un abaissement progressif d'un seuil de conservation pour le hareng du Pacifique en C.-B., de sorte que le risque pesant sur le stock ne se manifesterait qu'au moment où il se produirait réellement.

Deux types d'analyses ont été entreprises pour enquêter sur les dommages sérieux possibles pour les stocks de hareng du Pacifique en C.-B. La première analyse s'est appuyée sur l'interprétation d'un état de production faible et de biomasse faible (PF-BF) persistant sur le stock, conformément aux signes possibles de dommages sérieux en vertu de l'interprétation de la politique énoncée dans le cadre de l'approche de précaution du MPO. Des estimations de l'épuisement, se définissant comme le ratio implicite entre la biomasse du stock reproducteur et la biomasse d'équilibre non exploitée du stock reproducteur (B_t/B_0), ont été calculées dans le cadre de l'analyse des signes de dommages sérieux. Sainsbury (2008) a recommandé la valeur de $0{,}3B_{\text{non exploitée}}$ à titre de pratique exemplaire pour le point de référence limite basé sur la biomasse. La valeur de $B_{\text{non exploitée}}$ est une estimation dynamique et variable dans le temps fournie par des calculs modélisés d'après la dynamique des stocks attendue en l'absence de pêche. Pour les stocks comme le hareng du Pacifique qui peuvent afficher des fluctuations de productivité importantes, combinées à une baisse de poids et à une hausse de la mortalité naturelle (p. ex. DFO 2016), cette valeur de $0{,}3B_{\text{non exploitée}}$ pourrait être atteinte à des niveaux très faibles d'abondance absolue pendant des périodes de productivité faible et pourrait ne pas représenter une limite de précaution conforme au cadre de l'approche de précaution du MPO. Sainsbury remarque que la biomasse d'équilibre non exploitée du stock reproducteur (B_0) peut être utilisée à titre d'approximation pour la valeur de $B_{\text{non exploitée}}$ si des hypothèses relatives à l'équilibre sont formulées.

La deuxième analyse s'appuyait sur l'évitement des dommages sérieux dans le cadre de l'évitement de la surpêche du potentiel reproducteur (Myers *et al.* 1994; Shelton et Rice 2002). En théorie, la surpêche du potentiel reproducteur peut se définir comme le stade où la pêche a

[1] S.P. Cox, A.J. Benson, J.S. Cleary et N.G. Taylor 2015. Points de référence limites éventuels comme base pour choisir parmi les autres règles de contrôle des prises pour le hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique. Document de travail du Secrétariat canadien de consultation scientifique, 2013PEL01 (document de travail accepté, en cours de révision finale).

tellement réduit la taille du stock reproducteur que le recrutement est compromis. Une définition plus intuitive de la surpêche du potentiel reproducteur consiste à dire que, en moyenne, le recrutement d'une année donnée est insuffisant pour que la population se remplace d'elle-même. D'autres auteurs avaient précédemment suggéré d'utiliser le taux de mortalité par pêche pour un remplacement à l'équilibre (F_{remp}) à titre de seuil pour la surpêche du potentiel reproducteur. Ce taux désigne le taux de mortalité par pêche permettant d'obtenir le taux de survie médian des juvéniles (*recrues/biomasse du stock reproducteur*) observé dans les données sur le recrutement des stocks (Sissenwine et Shepherd 1987; Mace et Sissenwine 1993).

ANALYSE

État du stock et relations avec la production

Les relations entre la production des cinq principaux stocks de hareng du Pacifique et la biomasse du stock reproducteur ont été évaluées pour déterminer s'il existait des preuves indiquant que les stocks présentent des signes d'états de production faible et de biomasse faible (PF-BF) persistants, conformément aux signes de dommages sérieux possibles. Les analyses dépendaient des données actuelles et des hypothèses du modèle d'évaluation des stocks, lesquelles s'appuyaient sur les extrants relatifs à la densité postérieure médiane (DPM) provenant de deux versions d'un modèle d'évaluation des stocks sur la structure d'âge. Ces deux versions se distinguent par leur traitement des paramètres de capturabilité lors des relevés effectués au moment du frai (q_1, q_2) pour la période des relevés de surface (1951-1987) et la période des relevés par plongée (1988-2016), respectivement. Ces deux modèles sont désignés ME1 (valeurs q_1 et q_2 estimées avec une distribution a priori des probabilités) et ME2 (valeur q_1 estimée, $q_2 = 1$); ils sont décrits dans MPO (2016). La principale différence entre les reconstitutions des stocks du ME1 et du ME2 réside dans la baisse de l'échelle de la biomasse qui découle du fait que le paramètre q_2 est égal à 1. Des représentations graphiques illustrant les tendances au fil du temps de la biomasse du stock reproducteur, de la mortalité naturelle, de la production et du taux de production pour le stock de la COIV sont inclus dans le corps de texte du présent rapport (figures 2 et 3). Les résumés graphiques connexes portant sur les quatre autres principaux stocks sont inclus dans l'annexe (figures 4 à 11).

Les séries chronologiques des estimations de la biomasse du stock reproducteur pour le ME1 et le ME2 indiquent que les cinq principaux stocks de hareng du Pacifique en C.-B. ont baissé pour atteindre leur niveau de biomasse du stock reproducteur le plus faible à la fin des années 1960, avant de se rétablir (encadré a, figures 2 à 11). Au milieu des années 2000, les stocks des zones CC, HG et COIV ont une nouvelle fois chuté à des niveaux de biomasse semblables à ceux observés lors de l'effondrement de la fin des années 1960. Cependant, les caractéristiques de la dynamique des stocks n'étaient pas identiques entre ces deux périodes. Par exemple, les stocks ont augmenté rapidement, partant de faibles niveaux de la biomasse du stock reproducteur à la fin des années 1960 pour atteindre des niveaux supérieurs à la moyenne en 3 ou 4 ans, après l'interruption de la pêche commerciale; par la suite, la biomasse du stock reproducteur est restée à des niveaux relativement élevés lorsque la pêche commerciale a repris, et ce jusqu'au milieu des années 2000. Contrairement au rétablissement observé à la fin des années 1960 et au début des années 1970, les faibles niveaux de biomasse du stock reproducteur estimés pour les zones de gestion CC, HG et COIV ont persisté pendant une période d'environ une à deux générations de hareng du Pacifique (6 à 11 ans). Les stocks dans les zones de gestion DPR et DG avaient également baissé vers la fin des années 2000, mais pas à des niveaux équivalents à ceux estimés à la fin des années 1960, et la biomasse du stock reproducteur dans la zone DG a depuis augmenté pour atteindre un niveau historiquement élevé (DFO 2016).

La production annuelle (P_t) a été déterminée en calculant l'écart entre la biomasse du stock reproducteur (B_t) de l'année t et celle de l'année t+1 tenant compte des prises (C_{t+1}) effectuées au cours de l'année t+1 au moyen de l'équation $P_t = B_{t+1} - B_t + C_{t+1}$. Il s'agit là d'une modification de la méthode de Hilborn (2001) en vue de tenir compte des dynamiques du modèle d'évaluation (Martell *et al.* 2012) qui estime la biomasse du stock reproducteur à la fin de l'année plutôt qu'au début de l'année tout en partant de l'hypothèse que la biomasse du stock reproducteur est observée après les prises. Les estimations de la production ont été calculées à partir des estimations annuelles de la biomasse du stock reproducteur et des prises pour le ME1 et le ME2 pour les années t = 1951 à 2015. Le *taux* de production annuelle (P_t/B_t) a également été calculé.

Les faibles niveaux de la biomasse d'un stock peuvent être associés à des conséquences néfastes, comme la surpêche du potentiel reproducteur, ou peuvent être exacerbés par une mortalité naturelle accrue (p. ex. liée à la prédation) qui réduit la capacité de rétablissement du stock. Par conséquent, la persistance d'états de production faible et de biomasse faible (PF-BF) provoquant une incapacité irréversible ou lentement réversible à se rétablir ainsi que les pertes de profits engendrées pour les utilisateurs de la ressource ont été considérées comme conformes aux signes possibles de dommages sérieux. Une analyse visuelle des diagrammes illustrant la relation entre la production annuelle et la biomasse du stock reproducteur ainsi que la relation entre le *taux* de production annuel et la biomasse du stock reproducteur a été utilisée pour diagnostiquer des états de PF-BF persistants (encadrés c et d, figures 2 à 11). L'épuisement ($\acute{E}_t$), défini comme le rapport entre la biomasse estimée du stock reproducteur et la biomasse d'équilibre non exploitée pour une année donnée (c.-à-d. B_t/B_0), a également été calculé et évalué pour l'ensemble de la série chronologique (t = 1951 à 2016), tant pour le ME1 que pour le ME2.

Les conclusions tirées de l'examen des relations entre la production et les estimations de l'épuisement pour les cinq principaux stocks comprennent :

1. les estimations tendaient à présenter des niveaux moyens négatifs (COIV) ou proches de zéro (HG, CC) en prévision de la chute de la biomasse du stock reproducteur du milieu des années 2000;
2. des états de PF-BF *persistants* se sont produits pour les stocks des zones de gestion CC, HG et COIV et coïncidaient avec des récoltes commerciales nulles;
3. la perte de production s'est produite à des niveaux relativement élevés (au-dessus de la moyenne) de biomasse du stock reproducteur;
4. la baisse de la biomasse du stock reproducteur a été précédée par une baisse du poids selon l'âge et une augmentation des estimations de la mortalité naturelle à compter de 1990 (environ);
5. le passage à un état de PF-BF pour les stocks des zones de gestion CC, HG et COIV a été rapide (en trois ans, soit moins d'une génération de hareng du Pacifique);
6. l'état de biomasse faible de la fin des années 1960 ne s'était pas accompagné d'une productivité faible persistante;
7. l'état de PF-BF a persisté de six ans (CC) à onze ans (HG et COIV – ME2), malgré d'importantes réductions des prises commerciales, voire leur interruption;
8. les taux de récolte estimés étaient en moyenne inférieurs au taux de récolte cible de 20 % pour les zones CC, HG et COIV (ME1 et ME2) ou d'environ 20 % pour les zones DPR et DG (ME2), et étaient bien inférieurs aux taux de récolte estimés au cours des années 1960;

9. au cours des périodes correspondant aux états de PF-BF pour les stocks des zones CC, HG et COIV, les niveaux d'épuisement estimés de la biomasse du stock reproducteur s'élevaient en moyenne à environ $0,25B_0$ pour le ME1 et à moins de $0,25B_0$ pour le ME2;
10. la biomasse du stock reproducteur de la zone DPR a affiché une légère baisse dans le milieu des années 2000, pour atteindre $0,3B_0$, mais ne présente aucun signe d'état de PF-BF persistant;
11. la biomasse du stock reproducteur de la zone DG a baissé de plus de 50 % entre 2000 et 2008-2010, pour atteindre $0,4B_0$ ou $0,5B_0$ (ME1 et ME2, respectivement), mais est depuis remontée pour atteindre un niveau estimé de la biomasse du stock reproducteur historiquement élevé et ne montre aucun signe d'état de PF-BF persistant.

L'estimation de la biomasse du stock reproducteur qui définissait la limite supérieure d'un état de PF-BF persistant dans la période récente a été interprétée comme le seuil de dommages sérieux possibles pour chacun des stocks de hareng du Pacifique des zones CC, HG et COIV. Pour les stocks des zones CC, HG et COIV, il a été estimé que les limites des états de PF-BF étaient comprises entre les niveaux d'épuisement des stocks reproducteurs ($\dot{E}_{max}$) allant de 0,244 (COIV) à 0,328 (HG) pour le ME1 et de 0,174 (CC) à 0,284 (HG) pour le ME2. Ces niveaux sont comparables aux niveaux d'épuisement maximum ($\dot{E}_{max}$) estimés pour les états de BF observés dans l'ensemble des cinq principaux stocks à la fin des années 1960, lesquels étaient compris entre 0,19 (HG) et 0,33 (COIV) d'après le ME1 et entre 0,218 (DPR) et 0,289 (COIV) pour le ME2. Les états de PF-BF ont persisté d'une génération (CC) à deux générations (HG, COIV) de hareng du Pacifique, la durée de génération étant estimée à environ cinq années par Cleary *et al.* (2010). Les résumés des résultats pour les cinq principales zones de gestion du hareng du Pacifique provenant du ME1 et du ME2 sont présentés aux tableaux 1 et 2, respectivement.

Le passage de niveaux de biomasse du stock reproducteur relativement importants à l'état de PF-BF était rapide, se produisant habituellement dans un délai de trois années, et coïncidait avec des valeurs de production négatives. D'après les résultats du ME2, on a estimé que le stock de la zone CC était à un niveau d'épuisement du stock reproducteur de 0,47 en 2003, année au cours de laquelle la production est devenue négative, et que ce stock était entré en état de PF-BF en 2006. De la même manière, le stock de la zone HG a baissé, partant d'un niveau estimé d'épuisement des stocks reproducteurs de 0,78 en 1998, pour atteindre un état de PF-BF en 2000 (résultats du ME2). Enfin, le stock de la zone COIV a baissé, partant d'un niveau estimé d'épuisement des stocks reproducteurs de 0,69 en 2002, pour atteindre un état de PF-BF en 2005 (résultats du ME1). Pour les stocks des zones CC, HG et COIV, la transition coïncidait avec des valeurs de production négatives.

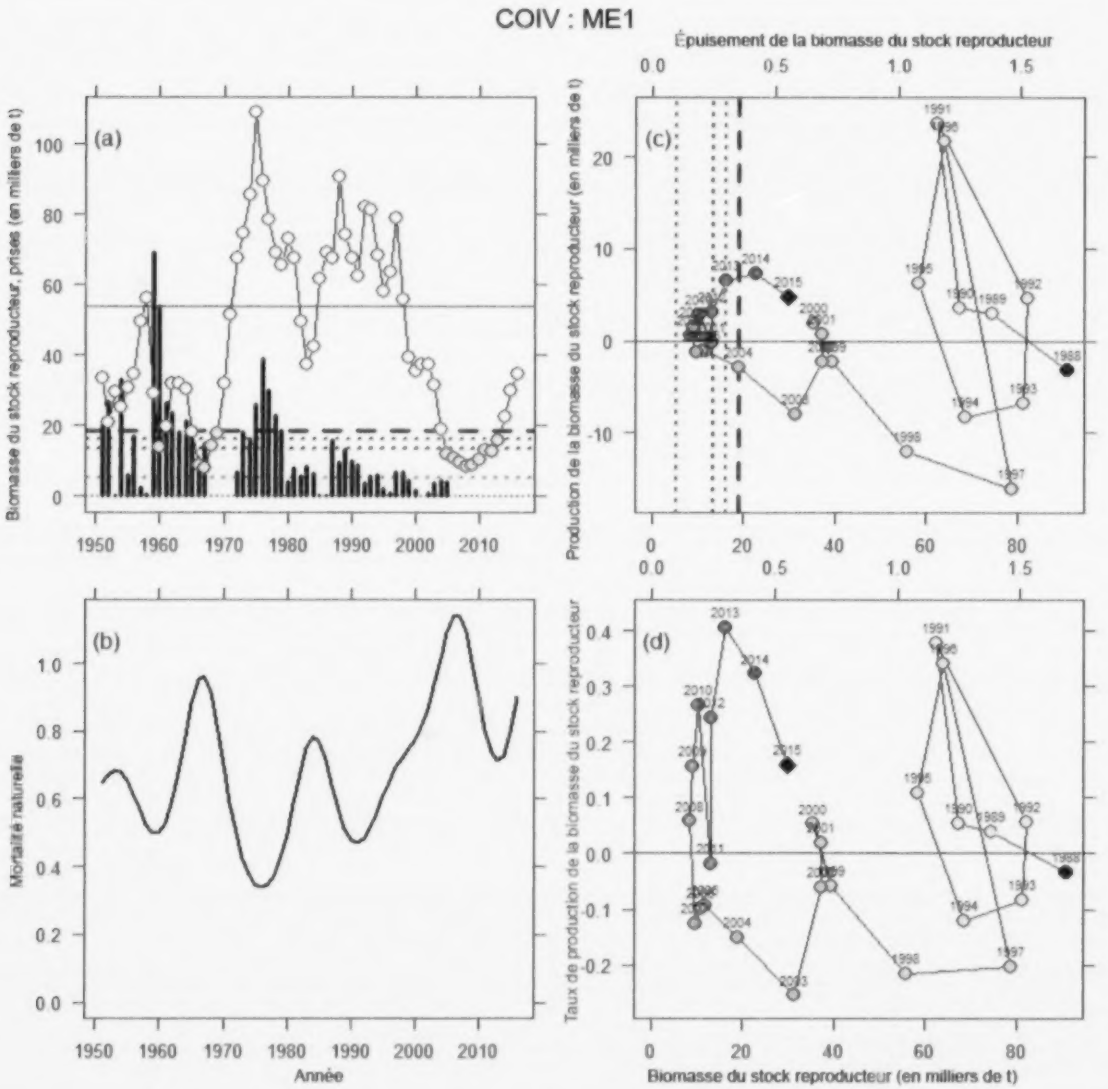

Figure 2 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME1 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion COIV. L'encadré (a) montre la série chronologique de 1951 à 2016 pour la biomasse estimée du stock reproducteur (cercles) et les prises (barres verticales). Les estimations de la biomasse du stock reproducteur inférieures à 20 % sont grisées. Des lignes de référence sont indiquées aux estimations de $0,1B_0$ (ligne pointillée rouge), de $0,25B_0$ (ligne pointillée bleue), de $0,3B_0$ (ligne pointillée verte), de la valeur du seuil fixée en 1996 (ligne tiretée bleue) et de la biomasse du stock reproducteur non exploitée (ligne continue bleue). La série chronologique de la mortalité naturelle estimée figure dans l'encadré (b). Les diagrammes illustrant la production de biomasse du stock reproducteur et le taux de production de biomasse du stock reproducteur par rapport à la biomasse du stock reproducteur figurent dans les encadrés (c) et (d), respectivement, de l'année 1988 (cercle noir) à l'année 2015 (losange noir). Les cercles sont de plus en plus foncés à mesure que l'on avance dans la série chronologique. Les années civiles sont indiquées au-dessus de chaque symbole. Les axes de la partie supérieure des encadrés (c) et (d) sont en unités d'épuisement de la biomasse du stock reproducteur, à savoir la biomasse du stock reproducteur divisée par la biomasse estimée du stock reproducteur non exploitée provenant du modèle d'évaluation. Pour l'encadré (c), des lignes de référence sont indiquées aux estimations de $0,1B_0$ (ligne pointillée rouge), de $0,25B_0$ (ligne pointillée bleue), de $0,3B_0$ (ligne pointillée verte) et de la valeur du seuil fixée en 1996 (ligne tiretée bleue). Toutes les quantités estimées s'appuient les estimations du maximum de vraisemblance (MPO 2016).

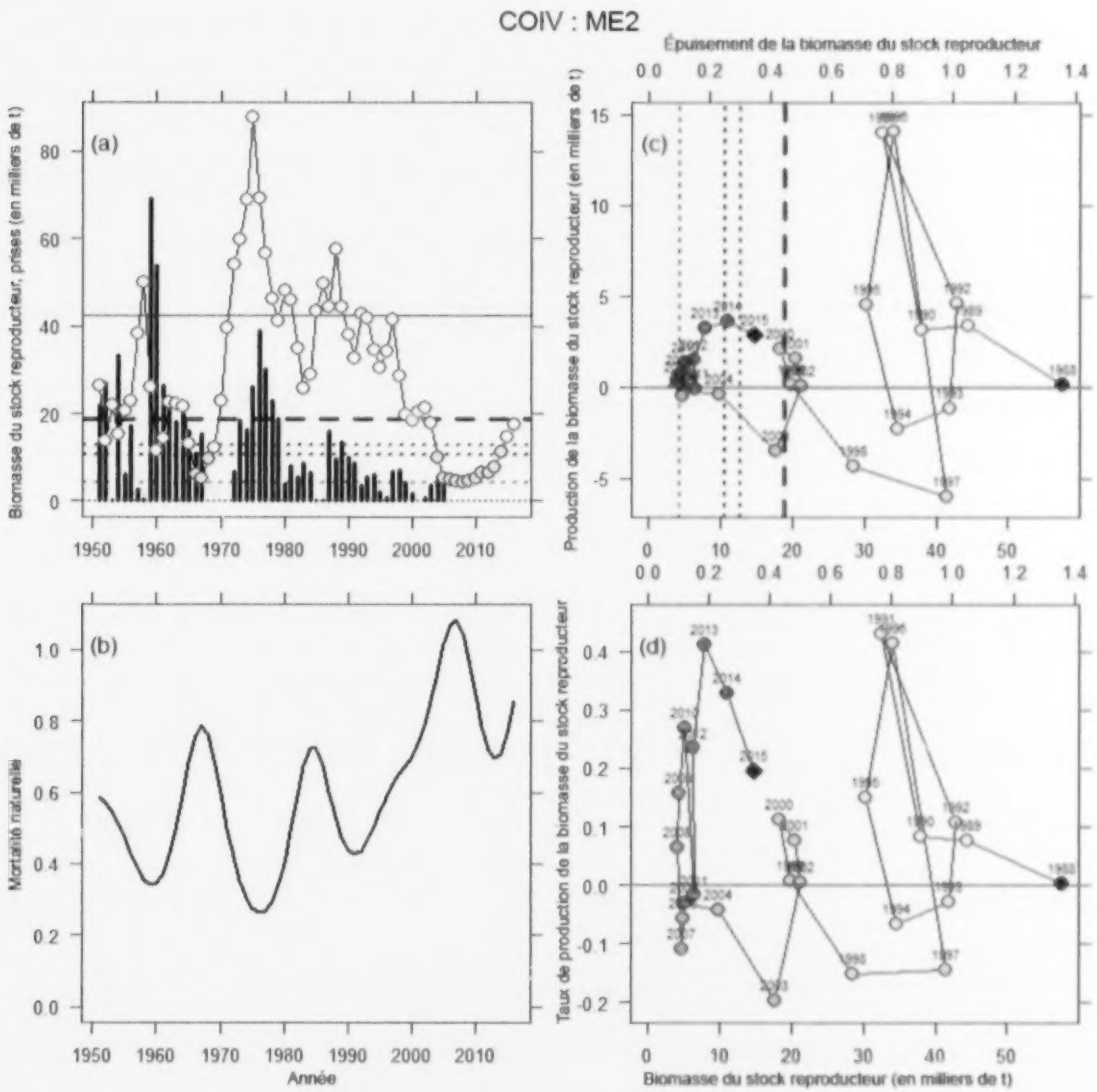

Figure 3 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME2 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion COIV. Description identique à celle de la figure 2.

Tableau 1 : Résumé des résultats clés pour les stocks des cinq principales zones de gestion pour le ME1. Une inspection visuelle des diagrammes a été utilisée pour interpréter les groupes persistants de biomasse faible (BF) au cours de la première période étudiée ou les états de production faible et de biomasse faible (PF-BF) au cours de la période récente. L'année d'entrée et de sortie durable de l'état a permis de déterminer les périodes. Pour les stocks des zones de gestion DPR et DG, aucun état de PF-BF n'a été diagnostiqué. Le nombre d'années (n) ainsi que les valeurs d'épuisement de la biomasse du stock reproducteur (É) minimales, moyennes et maximales sont rapportés pour les états de BF et de PF-BF. La colonne C = 0 indique le nombre d'années de prises nulles ayant suivi l'entrée récente dans l'état de PF-BF des stocks dans les zones de gestion CC, HG et COIV. Les niveaux d'épuisement sont rapportés pour la biomasse du stock reproducteur (en milliers de tonnes – valeurs minimales moyennes et maximales) et un épuisement correspondant à 25 % de la biomasse non exploitée. Le taux de récolte moyen estimé (MPO 2016) en années, commençant en 1983 avec des prises positives, est rapporté dans la colonne U_{moy}.

	Première période					Période récente								
Stock	Périodes – BF	n	$É_{min}$	$É_{moy}$	$É_{max}$	Périodes – PF-BF	n	$C = 0$	$É_{min}$	$É_{moy}$	$É_{max}$	$B_{0,25}$	$É_{0,25}$	U_{moy}
CC	1964-1969	6	0,126	0,194	0,260	2006-2011	6	6	0,195	0,245	0,282	14,348	0,250	0,12
HG	1965-1969	5	0,078	0,140	0,188	2000-2008	9	13	0,239	0,279	0,328	9,244	0,250	0,07
COIV	1966-1969	4	0,149	0,228	0,333	2005-2012	8	10	0,158	0,200	0,244	13,462	0,250	0,09
DPR	1967-1972	6	0,169	0,208	0,238	S.O.	-	-	-	-	-	13,400	0,250	0,18
DG	1966-1969	4	0,119	0,172	0,227	S.O.	-	-	-	-	-	36,600	0,250	0,13

Tableau 2 : Résumé des résultats clés pour les stocks des cinq principales zones de gestion pour le ME2. Description identique à celle du tableau 4, mais la valeur du seuil fixée en 1996 et les niveaux d'épuisement des stocks reproducteurs connexe sont rapportés dans les colonnes B_{seuil} et $É_{seuil}$.

	Première période					Période récente								
Stock	Périodes – BF	n	$É_{min}$	$É_{moy}$	$É_{max}$	Périodes – PF-BF	n	$C = 0$	$É_{min}$	$É_{moy}$	$É_{max}$	B_{seuil}	$É_{seuil}$	U_{moy}
CC	1964-1969	6	0,126	0,184	0,256	2006-2011	6	6	0,126	0,159	0,174	17,600	0,345	0,17
HG	1965-1969	5	0,087	0,168	0,225	2000-2010	11	13	0,179	0,222	0,284	10,700	0,447	0,11
COIV	1966-1969	4	0,121	0,197	0,289	2004-2014	11	10	0,093	0,150	0,262	18,800	0,444	0,15
DPR	1967-1972	6	0,154	0,191	0,218	S.O.	-	-	-	-	-	12,100	0,227	0,20
DG	1965-1970	6	0,077	0,167	0,252	S.O.	-	-	-	-	-	21,200	0,192	0,22

Points de référence à l'équilibre

Pour chacun des principaux stocks de hareng du Pacifique en C.-B., le taux de mortalité par pêche pour un remplacement à l'équilibre (F_{remp}), les approximations du rapport du potentiel de frai (F_{RPF30} et F_{RPF40}) et les taux de mortalité par pêche à l'équilibre associés au rendement maximal soutenu (F_{RMC} et $F_{0,1}$) ont été évalués (tableau 3). On considère la valeur F_{remp} comme un seuil pour la surpêche du potentiel reproducteur, conformément au concept de dommages sérieux, car il s'agit d'une mesure de la capacité d'un stock à se renouveler à long terme (Sissenwine et Shepherd 1987; Mace et Sissenwine 1993). Les résultats à l'équilibre sont difficiles à interpréter en raison des valeurs élevées de *F* associées à certains points de référence. Les estimations des valeurs F_{remp} (comprises entre 0,26 et 0,41) et F_{RMC} (comprises entre 0,45 et 0,78) semblent indiquer que tous les stocks peuvent faire l'objet de pêches intensives et conserver des valeurs élevées d'épuisement, ce qui est incohérent avec les preuves provenant des reconstitutions de l'évaluation du stock. Les estimations de la valeur F_{RMC} étaient élevées d'une part en raison des valeurs élevées de *M* utilisées dans l'analyse (moyenne à long terme de la série chronologique pour *M*) et d'autre part parce que le régime de maturité selon l'âge, tel qu'il avait été estimé à partir d'études sur le terrain, se trouve à gauche des régimes de sélectivité commerciale selon l'âge modélisés. Cela signifie que pour tous les stocks, la valeur des 50 % de la maturité est atteinte à un âge bien inférieur à celle des 50 % de sélectivité, ce qui garantit globalement qu'une partie importante de la population du hareng du Pacifique peut se reproduire au moins une fois avant devenir vulnérable à la pêche. Par conséquent, l'analyse a produit des estimations incroyablement élevées des taux de mortalité par pêche durables. Cette observation était très marquée pour le stock de HG qui affichait la valeur estimée de F_{RMC} la plus élevée de tous les stocks; ce résultat était contraire aux attentes étant donné que le stock de HG n'avait montré aucun signe de hausse soutenue de la biomasse du stock reproducteur, même en l'absence de pêche.

Comme l'a indiqué l'examen des relations de production, le régime de productivité du hareng du Pacifique en C.-B. semble avoir changé au cours des dernières années : parmi les stocks de petite taille des zones CC, HG et COIV, aucun ne montre des taux de rétablissement semblables à ceux observés après l'effondrement des stocks qui a eu lieu dans les années 1960. Cela pourrait être lié à une augmentation de la mortalité naturelle des adultes au cours des dernières années (p. ex. encadré b, figures 2 et 3), auquel cas le changement visible de la productivité découlerait de la réduction de la productivité des adultes de la population plutôt que du recrutement. Dans ce cas, un PRL s'appuyant sur la valeur F_{remp} pourrait n'apporter aucune protection contre les états de PF-BF persistants.

Tableau 3 : Résumé des résultats clés concernant la mortalité par pêche à l'équilibre pour l'ensemble des zones de gestion avec le ME1. Une valeur de F > 4 signifie globalement un taux de récolte (U) proche de 1, où U et le taux de mortalité instantané par pêche F sont liés par le calcul suivant : $U = 1 - e^{-F}$. Cela signifie que presque toute la biomasse vulnérable pourrait être récoltée parce que tous les poissons ont eu la possibilité de se reproduire au moins une fois avant d'être vulnérables à la pêche. Ce résultat est un artefact possible des hypothèses structurelles du modèle (ayant des répercussions sur les estimations de la mortalité naturelle et de la sélectivité) ou de la méthode utilisée pour estimer la maturité selon l'âge.

	F_{remp}	F_{RMS}	F_{RPF40}	F_{RPF30}	$F_{0,1}$
CC	0,41	0,54	2,02	> 4	0,82
HG	0,26	0,78	> 4	> 4	1,74
DPR	0,30	0,45	1,33	2,89	0,64
DG	0,39	0,55	> 4	> 4	1,62
COIV	0,39	0,56	> 4	> 4	1,42

Considérations sur l'écosystème et les poissons fourrages

Les politiques internationales et nationales soulignent la nécessité de disposer d'une définition plurispécifique du terme « dommages sérieux » pour les poissons fourrages. Cependant, ces politiques ne prescrivent aucune marche à suivre pour définir les limites ou les cibles biologiques concernant les poissons fourrages. Par exemple, la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis, dans sa feuille de route intitulée *Fisheries Ecosystem-based Fisheries Management Road Map* (NOAA 2016), inclut l'exigence « de concevoir et de surveiller des points de référence au niveau de l'écosystème » (principe 5) qui intègrent la compréhension des relations prédateur-proie et la dynamique des poissons fourrages. La *Politique sur la pêche des espèces fourragères* du MPO indique que les points de référence limites doivent garantir que la pêche ne réduit pas l'espèce fourragère à un niveau où sa productivité ou la productivité des prédateurs qui en dépendent seraient réduites. Cela signifie qu'il convient également de tenir compte des espèces dépendantes au moment de définir un dommage sérieux.

Des analyses écosystémiques d'autres politiques de récolte pour la gestion des poissons fourrages ont été présentées dans des publications récentes (p. ex. Pikitch *et al.* 2012). Cependant, ces politiques de récolte et les points de référence qu'elles requièrent n'ont pas encore été mis en pratique. Il est par conséquent impossible d'établir des pratiques exemplaires fondées sur l'expérience. Plutôt que des limites biologiques, les modèles écosystémiques publiés décrivent le plus souvent des cibles de biomasse pour les poissons fourrages; ils nécessitent en outre des descriptions quantitatives des relations prédateur-proie pour les poissons fourrages. Le rôle de poisson fourrage du hareng du Pacifique en C.-B. est bien connu, mais les exigences du service écosystémique de ses prédateurs sont mal comprises, les relations fonctionnelles entre les prédateurs et les proies ne sont pas bien définies et les objectifs ne sont pas quantifiés pour les espèces prédatrices. Les études à venir pour soutenir le rajustement des points de référence biologiques pour le hareng du Pacifique en C.-B. d'après des facteurs écosystémiques nécessiteront l'examen des données empiriques, des méta-analyses et des simulations de modèles.

Sources d'incertitude

Toutes les estimations de la production et des points de référence à l'équilibre dépendent des données et des extrants des modèles ME1 et ME2 décrits par le MPO (2016). Ces modèles ne se distinguent que par l'incertitude des paramètres liés à la capturabilité des relevés par plongée. Par conséquent, les incertitudes structurelles liées à d'autres hypothèses concernant les dynamiques des populations et des pêches ne sont pas prises en compte.

Dans les modèles d'évaluation des stocks actuels, la productivité est fondamentalement axée sur des hypothèses portant sur la mortalité naturelle, les relations stock-recrutement et les paramètres connexes (c.-à-d. le taux de variation), les changements de la taille selon l'âge, les caractéristiques de la maturité selon l'âge et l'interprétation de l'indice du frai. Il existe une incertitude liée aux interactions susceptibles de créer la confusion parmi les paramètres du modèle utilisés pour exprimer ces processus.

L'analyse des points de référence à l'équilibre a donné des taux de mortalité par pêche à l'équilibre trop élevés pour le hareng du Pacifique en C.-B. et laisse entendre que des niveaux élevés de biomasse du stock reproducteur peuvent être atteints avec ces taux. Ce résultat va à l'encontre des observations pour l'ensemble des cinq principaux stocks. L'estimation des taux de mortalité par pêche durables dépend de notre connaissance des relations qui existent entre le stock et le recrutement. Malheureusement, cette relation représente l'un des processus les plus incertains en matière d'évaluation des stocks et pourrait dépendre de distributions a priori

de probabilités présumées ou sélectionnées pour le paramètre du taux de variation. Les difficultés rencontrées dans l'estimation de la relation stock-recrutement et de son influence relative sur la productivité du stock sont exacerbées par les processus non stationnaires tels que ceux qui s'appliquent vraisemblablement au hareng du Pacifique en C.-B., et notamment l'ampleur du taux d'augmentation de la valeur *M*. Les hypothèses structurelles actuelles à propos de la mortalité en fonction du temps dans l'évaluation des stocks (MPO 2016) peuvent engendrer une confusion dans les estimations concernant le taux de variation, la sélectivité, la capturabilité des relevés et d'autres paramètres du modèle d'évaluation des stocks. Ce défi, combiné à l'alignement relatif de la maturité selon l'âge et de la sélectivité de la pêche commerciale, signifie que les prochaines réflexions concernant les points de référence à l'équilibre devraient s'appuyer les résultats d'essais de simulation avec des modèles d'exploitation qui représentent une large gamme d'hypothèses structurelles plausibles pour les dynamiques liées à la population de hareng du Pacifique, à la pêche et à l'écosystème.

Si de prochaines chutes de l'abondance des stocks de hareng du Pacifique en C.-B. devaient provoquer des états de PF-BF, le niveau et la durée de ces états seraient incertains. Par exemple, il n'y a aucune garantie qu'une récurrence des états de PF-BF récemment diagnostiqués pour les stocks des zones CC, HG et COIV présenterait les mêmes niveaux de biomasse et de production, ni qu'elle serait de la même durée.

Les dynamiques de la population, de l'écosystème et des pêches concernant les états de dommages sérieux possibles en lien avec la répartition spatiale, la structure des stocks et la diversité génétique des stocks de hareng du Pacifique en C.-B. ne sont pas bien comprises. Les prochaines avancées des modèles relatifs à la dynamique des populations qui comprendront une dynamique spatiale ou une structure des stocks pourraient permettre d'obtenir des PRL éventuels ainsi que des indicateurs de rendement caractérisant d'autres définitions pour les dommages sérieux. Des modèles d'exploitation spatiaux pourraient également éclairer les options de gestion à des échelles géographiques plus fines que les zones de gestion principales actuelles. De la même manière, les prochaines avancées des modèles d'exploitation intégrant la dynamique de l'écosystème, et notamment des relations fonctionnelles quantifiées entre les espèces fourragères et leurs prédateurs, pourraient améliorer la compréhension du rendement des PRL envisagés en ce qui a trait à la prise en compte des poissons fourrages.

CONCLUSIONS ET AVIS

Le cadre de l'approche de précaution du MPO indique clairement que les PRL doivent se situer avant qu'un état de dommages sérieux possibles soit atteint (c.-à-d. à un niveau de biomasse du stock reproducteur plus élevé ou à un taux de mortalité par pêche plus faible que les états coïncidant avec des dommages sérieux possibles). Cependant, il n'existe que peu d'orientations politiques ou scientifiques quant à l'écart nécessaire entre un PRL fondé sur la biomasse et l'état de dommages sérieux possibles pour éviter ces derniers selon une probabilité élevée, notamment en présence de processus non stationnaires tels que ceux qui existent pour le hareng du Pacifique en C.-B. Cox *et al.* (2015[1]) ont déterminé que l'utilisation de points de référence dynamiques provoquait un abaissement progressif d'un seuil de conservation pour le hareng du Pacifique en C.-B., de sorte que le risque pesant sur les stocks pourrait être sous-estimé. Sainsbury (2008) a recommandé la valeur de $0{,}3B_{\text{non exploitée}}$ à titre de pratique exemplaire pour le point de référence limite basé sur la biomasse. Cependant, étant donné que la valeur de $0{,}3B_{\text{non exploitée}}$ est une estimation dynamique, la valeur de $0{,}3B_0$ (une approximation à l'équilibre pour la valeur $0{,}3B_{\text{non exploitée}}$) a plutôt été prise en compte ici.

L'approche adoptée pour évaluer les dommages sérieux possibles pour les stocks de hareng du Pacifique en C.-B. était axée sur les preuves et dépendait des données actuelles et des hypothèses modélisées propres aux modèles d'évaluation ME1 et ME2 (DFO 2016). Pour le

hareng du Pacifique en C.-B., un état de PF-BF persistant était interprété comme correspondant à des signes de dommages sérieux possibles. Cet état se définit par la présence d'un état irréversible ou lentement réversible, d'une production faible et de niveaux historiquement faibles (ou s'en approchant) de la biomasse du stock reproducteur. Des états récents de PF-BF ont été diagnostiqués pour les stocks se trouvant dans les zones de gestion de la côte centrale (CC), de Haida Gwaii (HG) et de la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV). Ces états étaient liés à une perte persistante de profits pour les utilisateurs de la ressource sur une période correspondant à une à deux générations de hareng du Pacifique (environ 6 à 11 ans). Aucun état de PF-BF persistant n'a été constaté pour les stocks dans les zones de gestion du district de Prince Rupert (DPR) et du détroit de Georgie (DG). La limite supérieure de la biomasse du stock reproducteur des états de PF-BF persistants dans les zones de gestion CC, HG et COIV a été considérée comme le seuil d'un état correspondant à des signes de dommages sérieux possibles. Un PRL de $0,3B_0$ se trouve dans la plage de valeurs limites des états de PF-BF pour les stocks des zones CC, HG et COIV d'après le ME1. D'après le ME2, la limite de l'état de PF-BF serait plus faible d'environ 0,13 à 0,02 unité d'épuisement, en fonction du stock concerné.

Les conclusions et les recommandations de l'avis scientifique sont énumérées ci-dessous :

- Un PRL en fonction de la biomasse du stock reproducteur de $0,3B_0$ est recommandé pour les stocks des zones de gestion CC, HG et COIV d'après les résultats obtenus dans le cadre de l'analyse de la production *et* conformément aux pratiques exemplaires recommandées à l'échelle internationale.
- Un PRL de $0,3B_0$ est recommandé pour les stocks des zones de gestion DPR et DG, car il correspond aux pratiques exemplaires recommandées et parce que ces stocks jouxtent, d'un point de vue géographique, des stocks pour lesquels des états de PF-BF ont récemment été diagnostiqués.
- Les points de référence à l'équilibre associés à l'analyse récente ne sont pas recommandés. Les estimations de la valeur F_{remp} et des approximations se sont avérées incroyablement élevées en raison du niveau élevé des estimations moyennes à long terme de la mortalité naturelle et de la juxtaposition des courbes de fréquences cumulées de la maturité et de la sélectivité.
- Un processus d'évaluation de la stratégie de gestion, avec la participation des gestionnaires et des utilisateurs de la ressource, est recommandé pour déterminer des objectifs mesurables associés aux PRL et aux points de référence cibles pour le hareng du Pacifique en Colombie-Britannique. Ce processus est requis pour exécuter une analyse de simulation en boucle fermée permettant de déterminer le rendement attendu des autres procédures de gestion possibles en vue d'obtenir un rendement et des compromis acceptables dans les résultats de gestion liés aux objectifs.
- Les exigences du service écosystémique des prédateurs du hareng du Pacifique sont mal comprises et les objectifs pour ces prédateurs ne sont pas quantifiés. En l'absence de modèles quantitatifs qui représenteraient les hypothèses liées aux espèces dépendantes, aucun ajustement aux recommandations de PRL concernant les poissons fourrages ne peut pour l'heure être recommandé. Les prochaines avancées des modèles d'exploitation dans le processus d'évaluation de la stratégie de gestion pourront inclure une dynamique de l'écosystème en lien avec les communautés de prédateurs.
- Les prochaines avancées des modèles relatifs à la dynamique des populations qui comprendront une dynamique spatiale ou une structure des stocks pourraient permettre d'obtenir des PRL éventuels ainsi que des indicateurs de rendement caractérisant d'autres définitions pour les dommages sérieux.

- On recommande que la conception des modèles d'exploitation et d'évaluation se concentre sur le paramétrage de la mortalité naturelle, des estimations de la maturité selon l'âge et des effets des distributions a priori des probabilités pour les paramètres clés des modèles d'évaluation des stocks.
- On recommande la mise en application progressive de toute nouvelle procédure de gestion (c.-à-d. toute modification à la collecte des données, aux modèles d'évaluation des stocks ou aux règles de contrôle des prises) conçue pour éviter les PRL et atteindre les objectifs en vue d'atténuer les conséquences à court terme pour les utilisateurs de la ressource.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de l'examen régional par les pairs du 7 au 8 février 2017 sur la Sélection et rôle des points de référence limites du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique, Canada. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO).

Cleary, J.S., Cox. S.P., and Schweigert, J.F. 2010. Performance evaluation of harvest control rules for Pacific Herring management in British Columbia, Canada. ICES J Mar Sci, 67: 2005–2011.

MPO. 2009. Cadre décisionnel pour les pêches en conformité avec l'approche de précaution.

MPO. 2016. Évaluation du stock et Conseil de gestion sur le hareng du Pacifique en Colombie-Britannique : état du stock en 2016 et prévisions pour 2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2016/052.

Hilborn, R. 2001. Calculation of biomass trend, exploitation rate, and surplus production from survey and catch data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 579-584.

Mace, P.M., and Sissenwine, M.P. 1993. How much spawning per recruit is enough? Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci. 120: 101-118.

Martell, S.J., Schweigert, J.F., Haist, V., and Cleary, J.S. 2012. Moving towards the sustainable fisheries framework for Pacific herring: data, models, and alternative assumptions; Stock Assessment and Management Advice for the British Columbia Pacific Herring Stocks: 2011 Assessment and 2012 Forecasts. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/136. xii + 151 p.

Myers, R.A., Rosenberg, A.A., Mace, P.M., Barrowman, N.J., and Restrepo, V.R. 1994. In search of thresholds for recruitment overfishing. ICES J. Mar. Sci. 51: 191-205.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2016. NOAA Fisheries Ecosystem-based Fisheries Management Road Map (consulté le 26 avril 2017).

Pikitch, E., Boersma, P.D., Boyd, I.L., Conover, D.O., Cury, P.,Essington, T., Heppell, S.S., Houde, E.D., Mangel, M., Pauly, D.,Plagányi, É., Sainsbury, K., and Steneck, R.S. 2012. Little Fish, Big Impact: Managing a Crucial Link in Ocean Food Webs. Lenfest Ocean Program. Washington, DC. 108 p. (consulté le 26 avril 2017).

Sainsbury, K. 2008. Best practice reference points for Australian fisheries. Australian Fisheries Management Authority Report R2001/0999.

Shelton, P.A., and Rice, J.C. 2002. Limits to overfishing: reference points in the context of the Canadian perspective on the precautionary approach. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/084. 29 p.

Sissenwine, M.P., and Shepherd, J.G. 1987. An alternative perspective on recruitment over fishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918.

Sissenwine, M.P. and Shepherd, J.G. 1987. An alternative perspective on recruitment over fishing and biological reference points. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 44: 913-918.

ANNEXE A. FIGURES

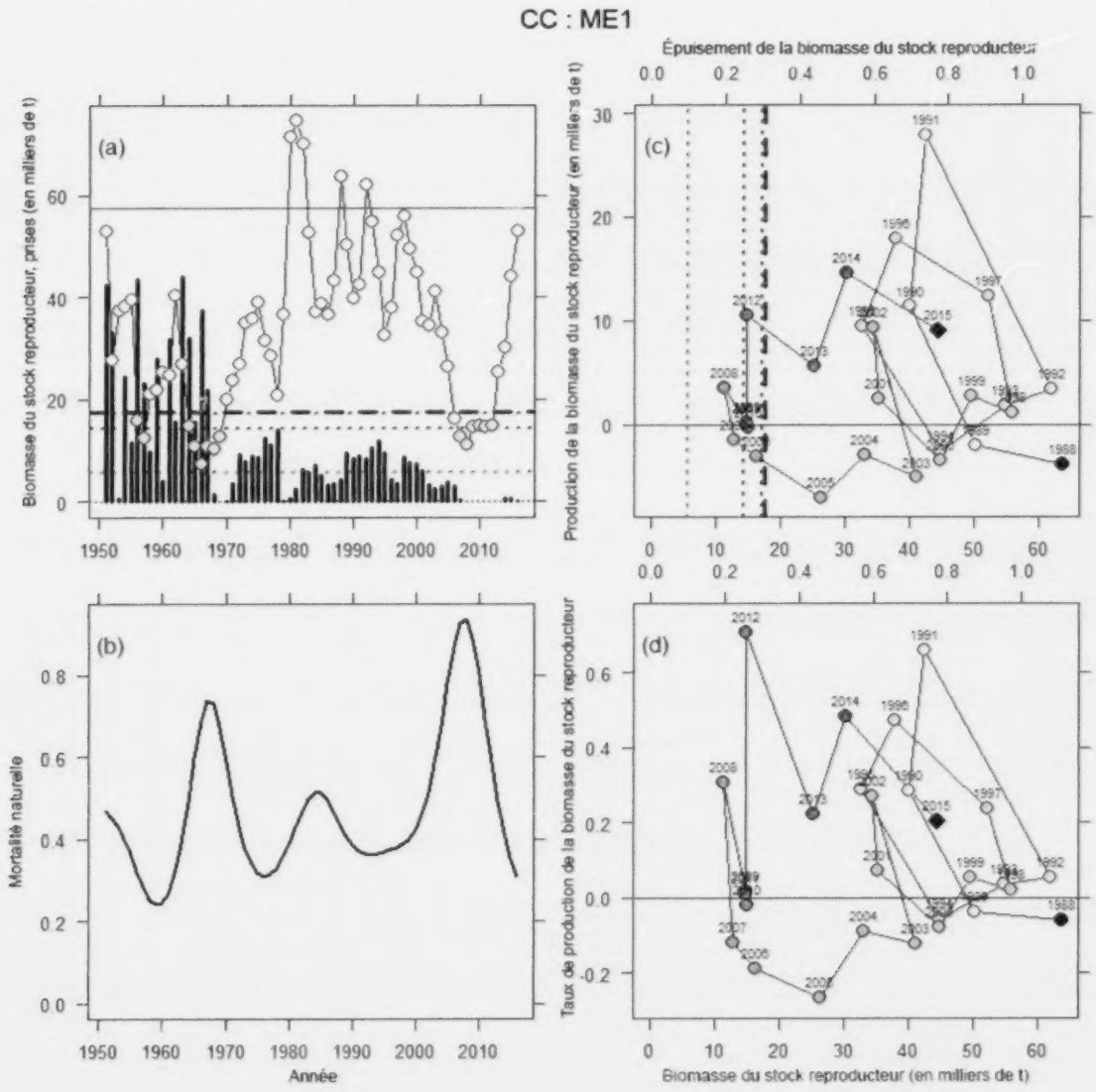

Figure 4 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME1 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion CC. Description identique à celle de la figure 2.

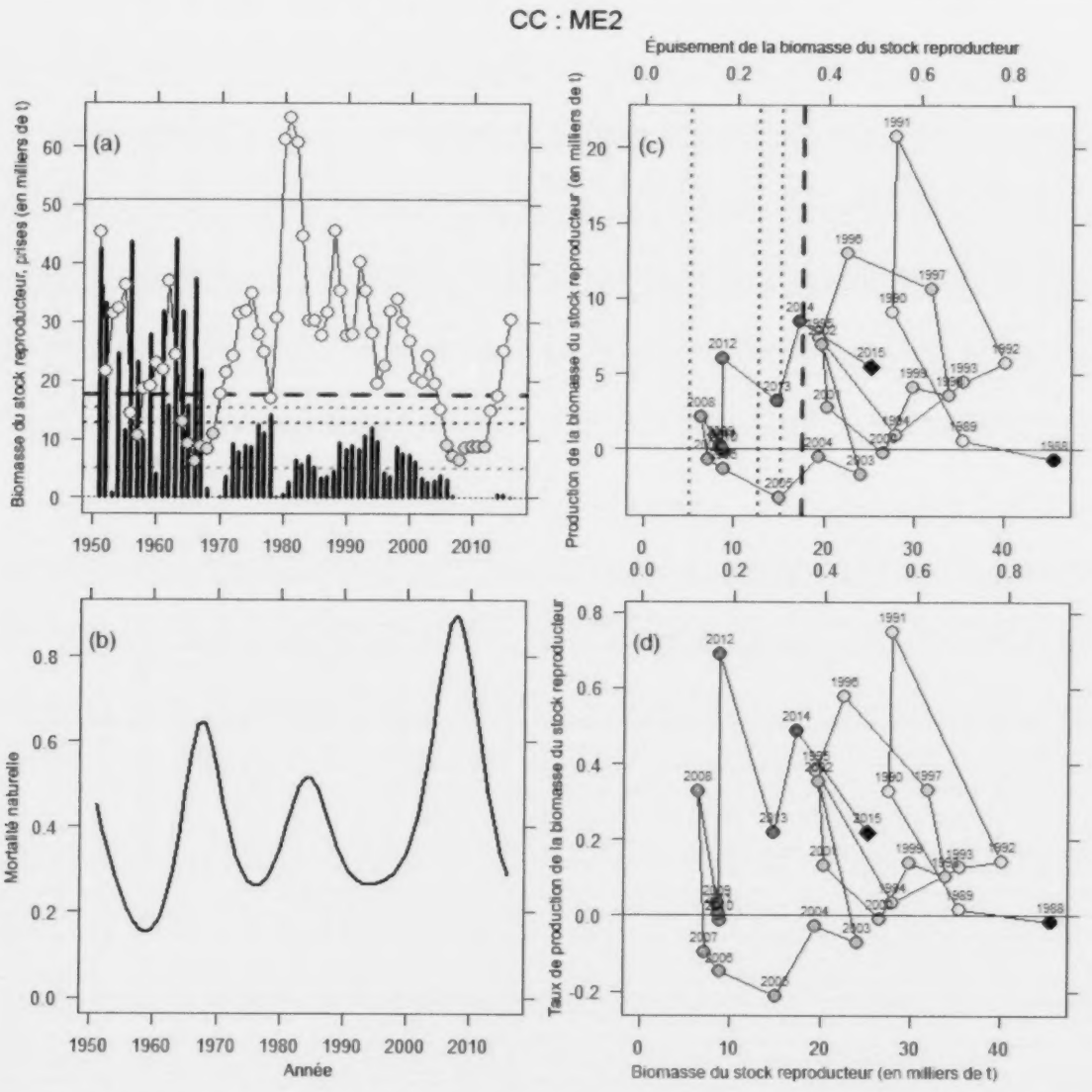

Figure 5 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME2 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion CC. Description identique à celle de la figure 2.

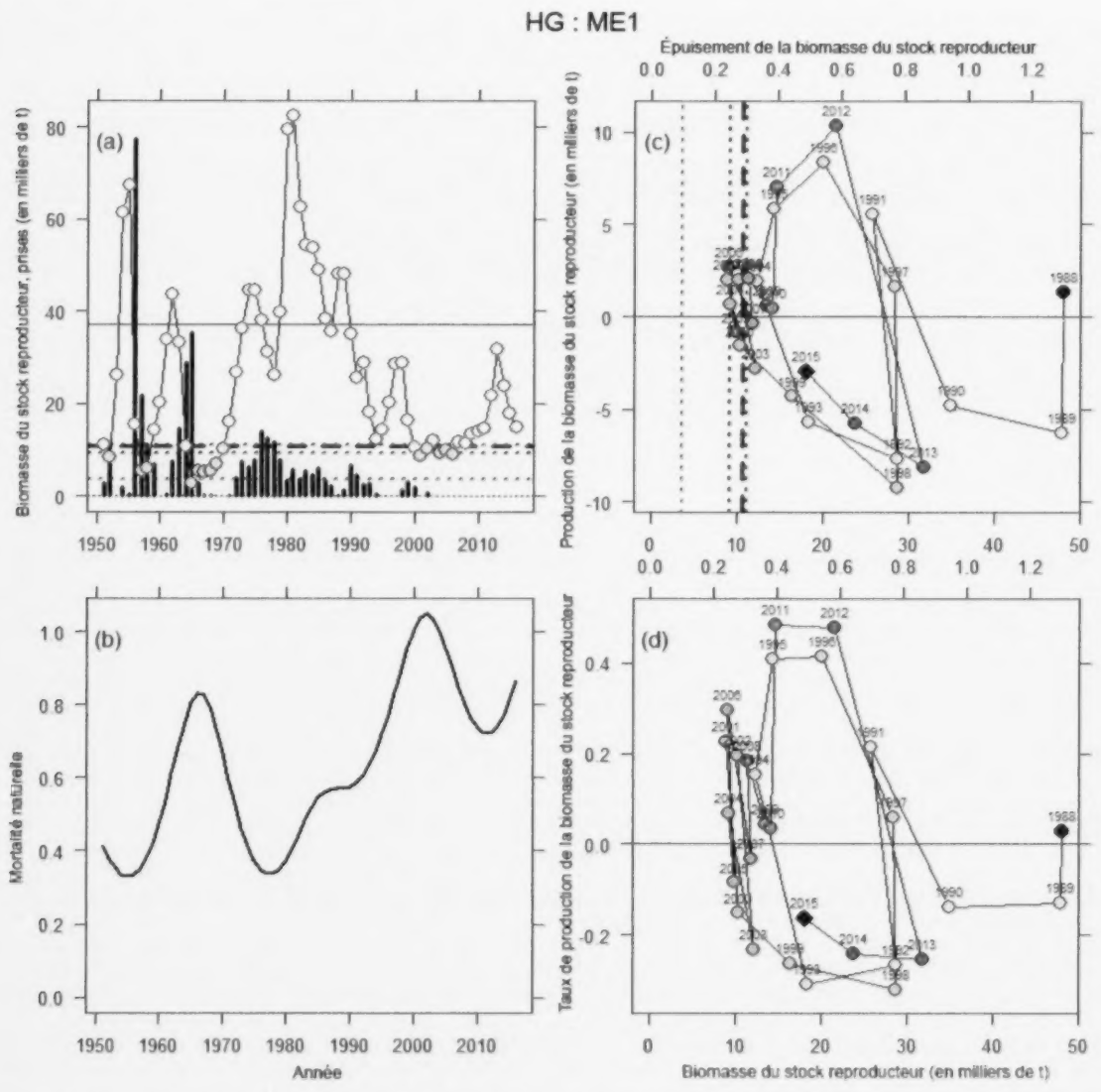

Figure 6 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME1 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion HG. Description identique à celle de la figure 2.

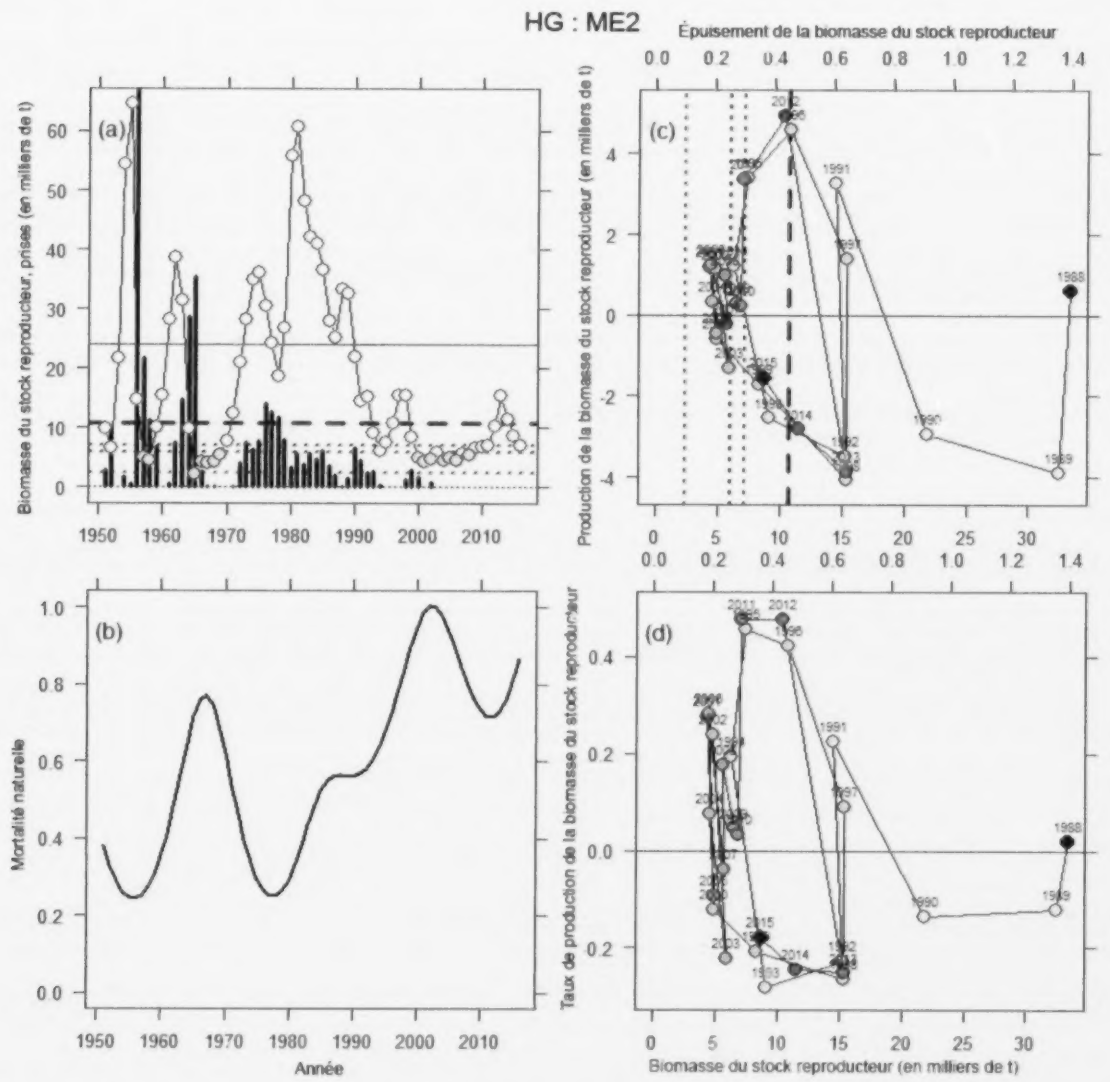

Figure 7 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME2 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion HG. Description identique à celle de la figure 2.

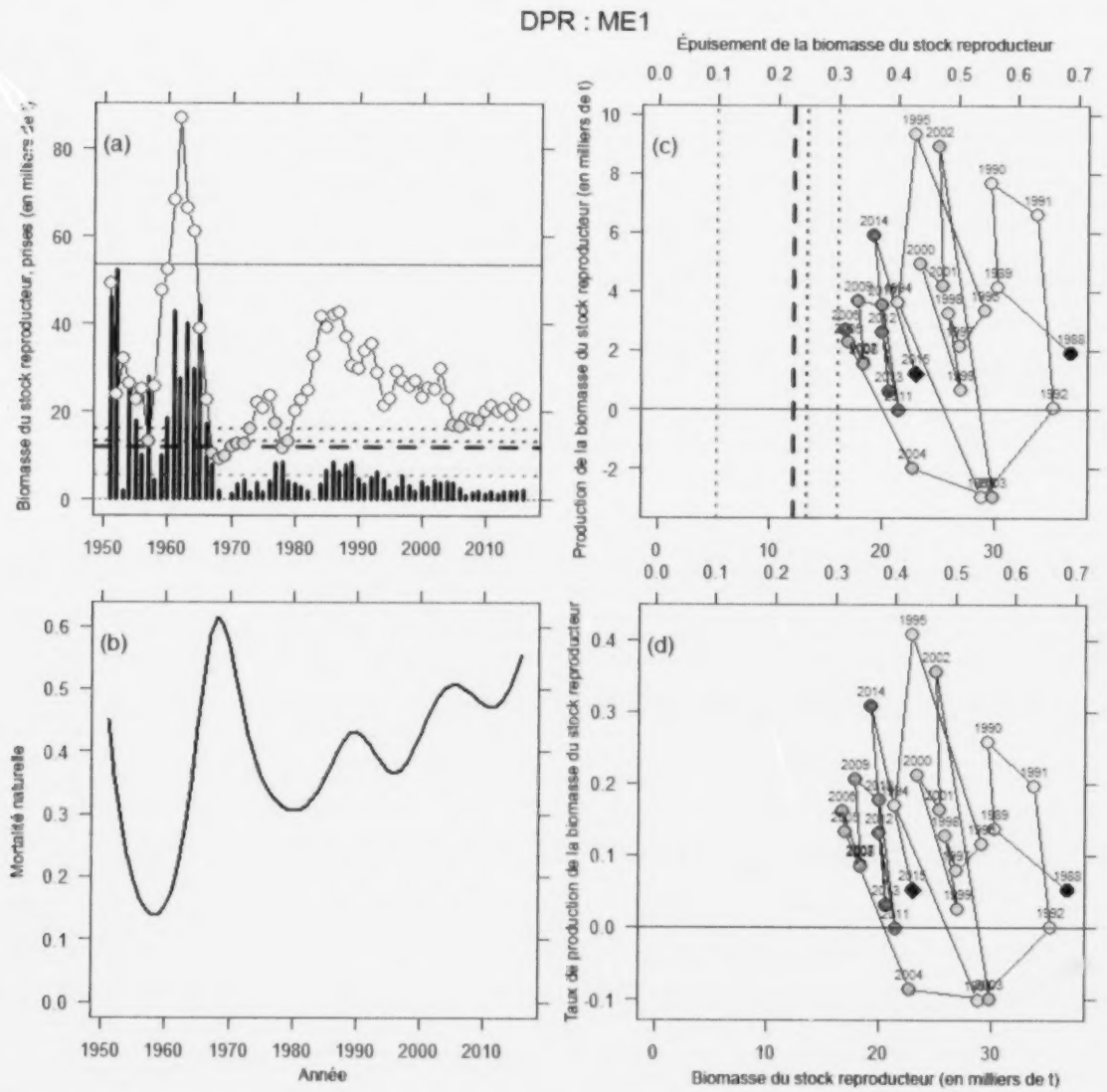

Figure 8 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME1 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion DPR. Description identique à celle de la figure 2.

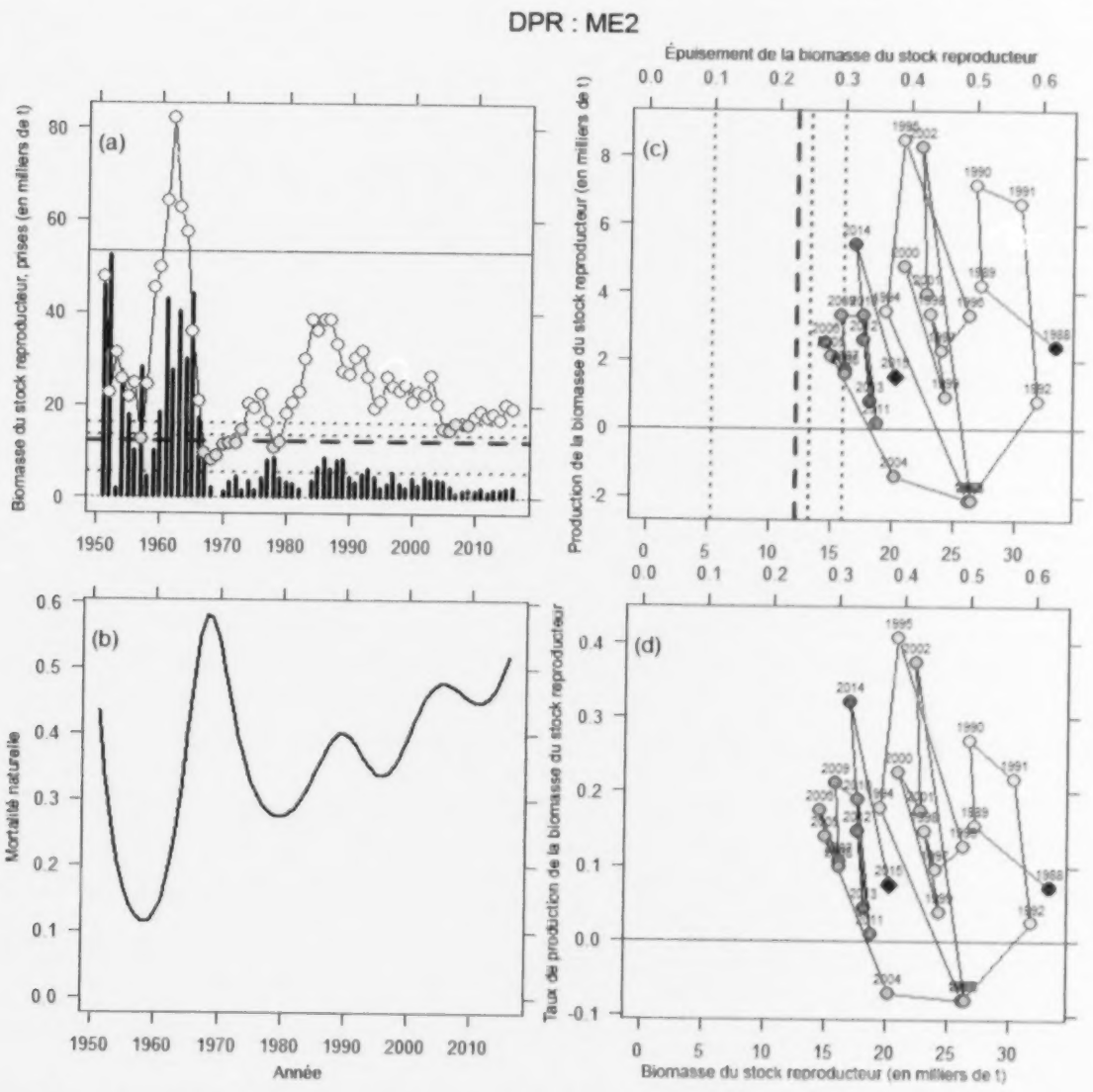

Figure 9 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME2 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion DPR. Description identique à celle de la figure 2.

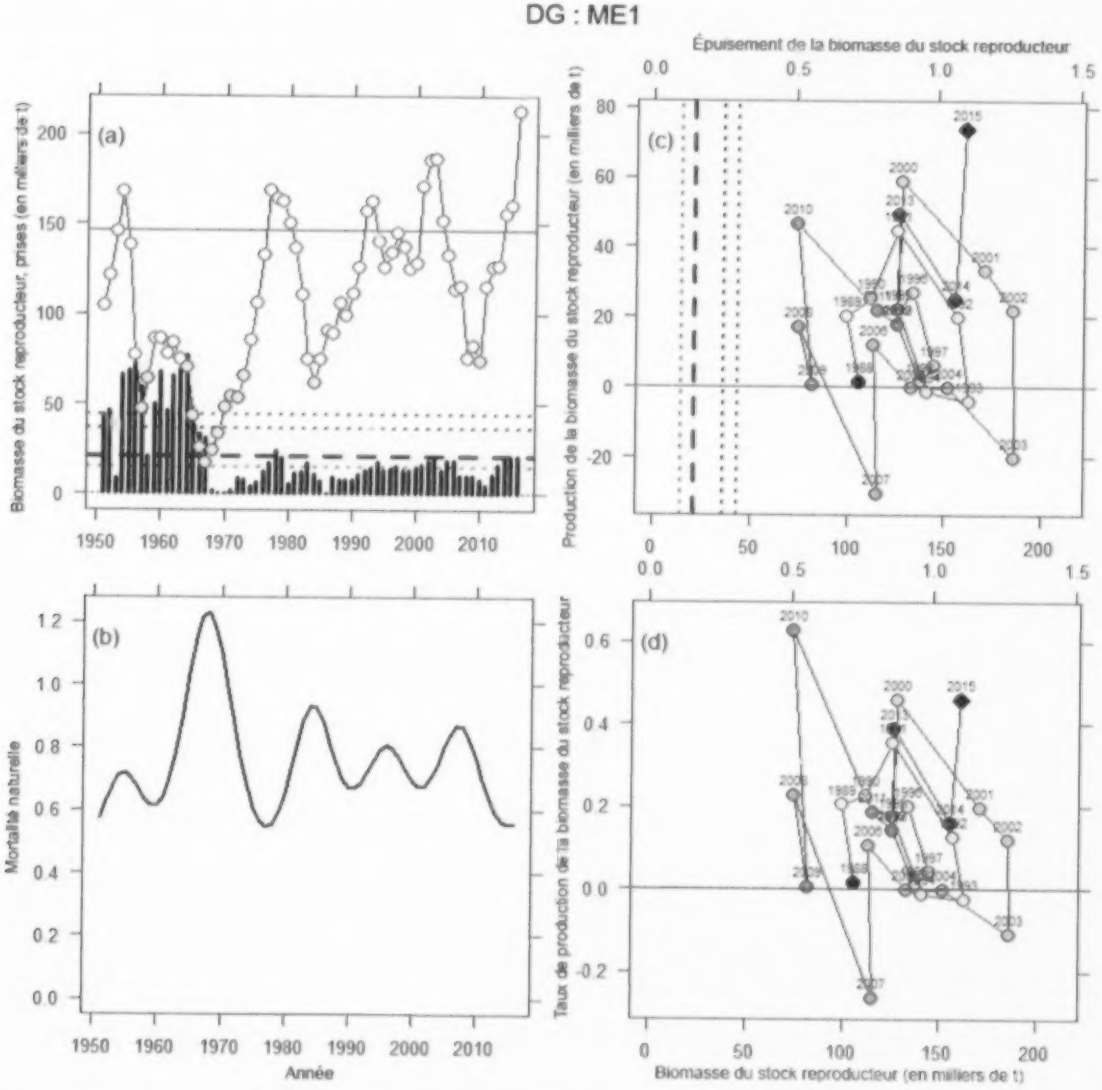

Figure 10 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME1 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion DG. Description identique à celle de la figure 2.

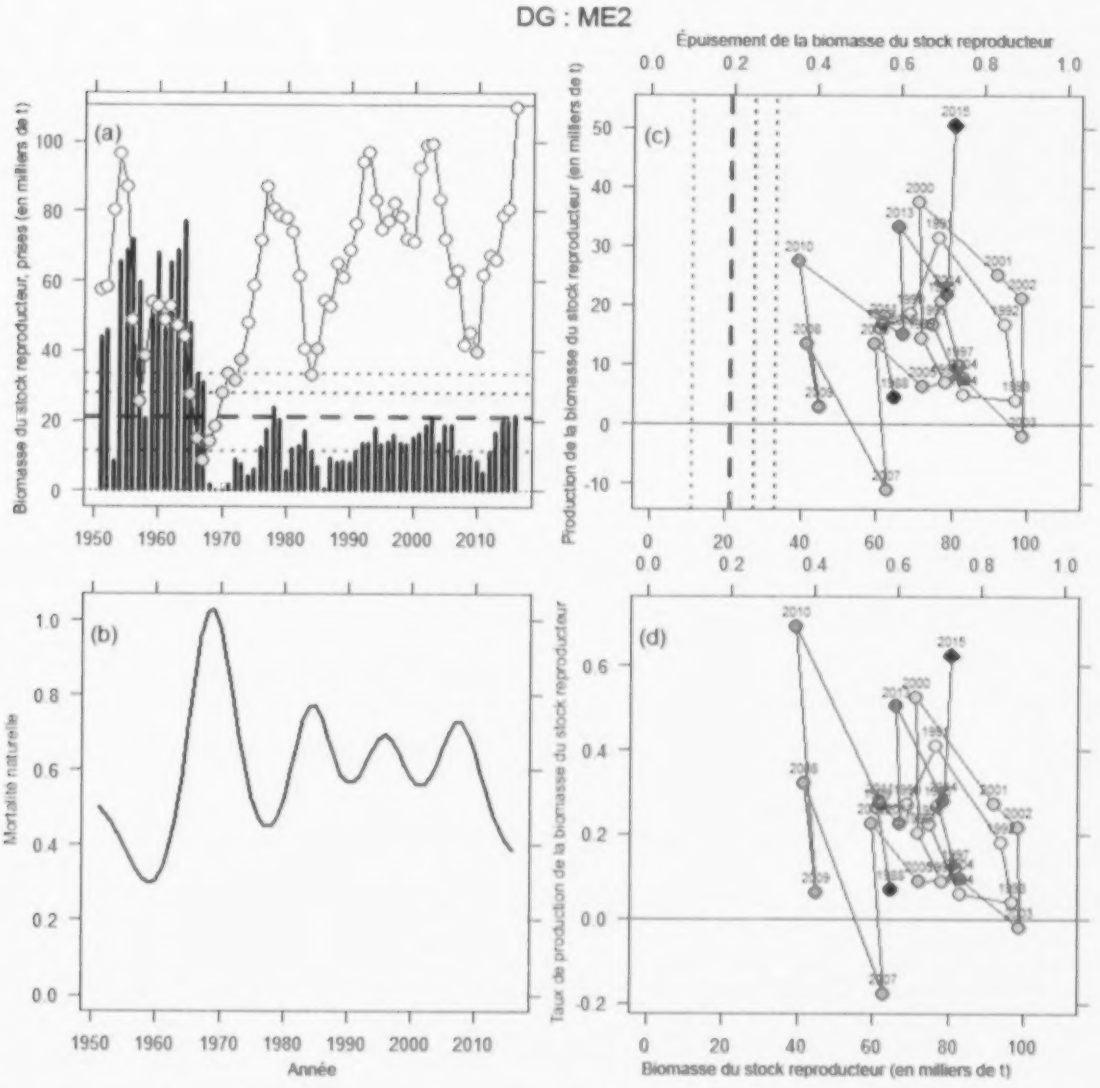

Figure 11 : Paramètres et estimations de la production du modèle d'évaluation ME2 pour le hareng du Pacifique dans la zone de gestion DG. Description identique à celle de la figure 2.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : (250) 756-7208
Courriel : csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2017

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2017. Sélection et rôle des points de référence limites du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique, Canada. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/030.

Also available in English:

DFO. 2017. The Selection and Role of Limit Reference Points for Pacific Herring (Clupea pallasii) in British Columbia, Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2017/030.